

(19)

JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08160330 A**

(43) Date of publication of application: **21.06.96**

(51) Int. Cl.

G02B 26/10

G02B 13/00

G02B 13/08

(21) Application number: **06321165**

(22) Date of filing: **01.12.94**

(71) Applicant: **KONICA CORP**

(72) Inventor: **KOBAYASHI MASAYA
YAMAZAKI NORIYUKI**

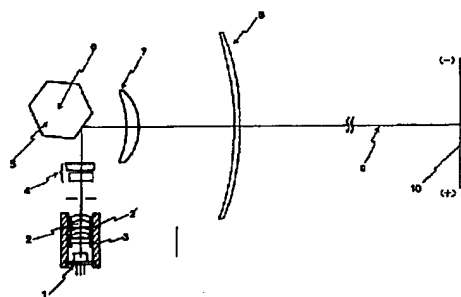
(54) **OPTICAL SCANNING DEVICE**

(57) Abstract:

PURPOSE: To compensate optical performance so as to maintain the performance in both main scanning direction and sub-scanning direction in an optical system including a resin lens complying with the increase of resolving power of a laser beam printer, etc.

CONSTITUTION: In an optical system composed of a light source 1, an incident optical system 2, 4, a deflector 5, a scanning optical system 7, 8 and a medium to be scanned 10, the scanning optical system 7, 8 is an anamorphic scanning optical system including at least one optical element made of resin having a positive power, the incident optical system is an anamorphic optical system composed of a first optical system 2 connected to the light source 1 each other by a fixing member 3 and a second optical system 4 making a divergent light beam from the light source nearly a parallel beam in the main scanning direction and form the image in the vicinity of the deflector in the sub-scanning direction and an optical element made of resin having a negative power in the sub-scanning direction is included in either the first optical system or the second optical system.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-160330

(43)公開日 平成8年(1996)6月21日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 26/10

D

13/00

13/08

審査請求 未請求 請求項の数5 F D (全 21 頁)

(21)出願番号 特願平6-321165

(22)出願日 平成6年(1994)12月1日

(71)出願人 000001270

コニカ株式会社

東京都新宿区西新宿1丁目26番2号

(72)発明者 小林 雅也

東京都八王子市石川町2970番地 コニカ株

式会社内

(72)発明者 山崎 敬之

東京都八王子市石川町2970番地 コニカ株

式会社内

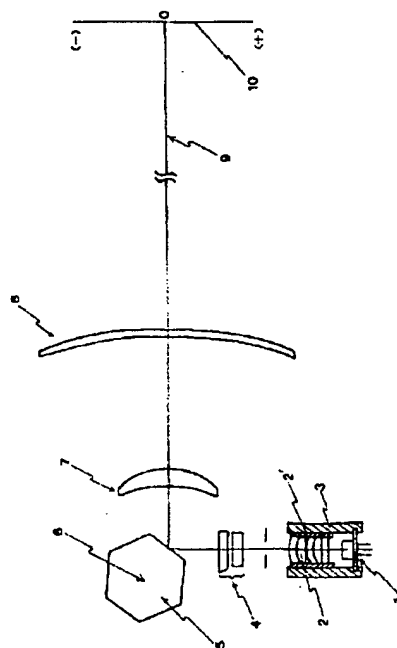
(74)代理人 弁理士 佐藤 文男 (外2名)

(54)【発明の名称】 光走査装置

(57)【要約】

【目的】 レーザービームプリンター等の高解像度化に対応し、樹脂レンズを含む光学系において、温度変化に対して主走査方向、副走査方向の両方向の性能を維持するように補正することを可能にする光走査装置を得ようとする。

【構成】 光源1、入射光学系2、4、偏向器5、走査光学系7、8、被走査媒体10からなる光学系において、走査光学系7、8は少なくとも1つの正のパワーを持つ樹脂製の光学素子を含むアナモフィックな走査光学系であり、入射光学系は光源1と第一の光学系2とが固定部材3で相互に固定されており、主走査方向において光源からの発散光をほぼ平行光にし、副走査方向においては該光束を偏向器近傍で結像させる第二の光学系4からなるアナモフィックな光学系で、第一の光学系、あるいは第二光学系のいずれかに副走査方向に負のパワーを持つ樹脂製の光学素子を含んでいる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源、入射光学系、偏向器、走査光学系、被走査媒体を含み、光源から出た光が入射光学系を介して偏向器によって偏向され、走査光学系を介して被走査媒体上に結像することによって被走査媒体上を走査する光走査装置において、走査光学系は少なくとも1つの正のパワーを持つ樹脂製の光学素子を含むアナモフィックな光学系であり、入射光学系は、光源と固定部材により相互に固定された

$$(0.18/\lambda) \cdot \{ (\omega \phi M^2 / M m^2) + (\omega \phi S^2 / M s^2) \} \\ \leq | \Delta f B_2 M (\Delta T_{\max}) / M m^2 - \Delta f B_2 S (T_{\max}) / M s^2 |$$

あるいは

$$(0.18/\lambda) \cdot \{ (\omega \phi M^2 / M m^2) + (\omega \phi S^2 / M s^2) \} \\ \leq | \Delta f B_2 M (\Delta T_{\min}) / M m^2 - \Delta f B_2 S (T_{\min}) / M s^2 |$$

を満足する請求項1の光走査装置。ここで、 $\omega \phi M$ を走査光学系の結像面における主走査方向の光軸上のビームウエスト径、 $\omega \phi S$ を走査光学系の結像面における副走査方向の光軸上のビームウエスト径、 $M m$ は主走査方向の全光学系の横倍率の絶対値、 $M s$ は副走査方向の全光学系の横倍率の絶対値、 $\Delta f B_2 M (\Delta T)$ 、 $\Delta f B_2 S (\Delta T)$ は温度変化が ΔT の時の走査光学系だけによる主走査方向、副走査方向各々についてのバックフォーカス変化、 λ は使用波長を表わす。但し、ビーム径の定義はビームプロファイルの $1/e^2$ の強度の径とし、また ΔT_{\max} (≥ 0)、 ΔT_{\min} (≤ 0)は、基準設計温度 T_0 に対する動作仕様の温度範囲に対する温度変化量の上下限 $T_0 + \Delta T_{\min} \leq T \leq T_0 + \Delta T_{\max}$ を表わす。

【請求項3】 入射光学系が、光源と固定部材により相互に固定されており、光軸に対して回転対称な光学面を持つコリメータである第一の光学系と、光源からみてそのコリメータの後方にある副走査方向に負のパワーを持つ樹脂製の光学素子を持ち、全体として主走査方向にはほぼパワーがなく副走査方向に正のパワーを持つアナモフィックな第二の光学系とからなり、コリメータから出た光は主走査、副走査の両方向でほぼ平行光となる請求項1の光学装置。

【請求項4】 入射光学系が、光源と固定部材により相互に固定されており、主走査方向では発散光源からの光をほぼ平行光にして実質的にコリメータの作用をし、副走査方向では負のパワーを持つ樹脂製のアナモフィック光学素子を持つアナモフィックな第一光学系と、全体として副走査方向に正のパワーを持つアナモフィック光学系である第二光学系とからなり、上記第一光学系から出た光は主走査方向ではほぼ平行光で副走査方向では発散光となる請求項1の光走査装置。

【請求項5】 樹脂製のアナモフィック光学素子が副走査方向に負のパワーを持つシリンドリカルレンズである請求項4の光学装置

【発明の詳細な説明】

2

アナモフィックな光学系であり、主走査方向において光源から出た発散光をほぼ平行光にする第一の光学系と、該第一の光学系を介した光源からの光を、副走査方向において偏向器近傍で結像する第二の光学系とからなり、第一の光学系、あるいは第二光学系のいずれかに副走査方向に負のパワーを持つ樹脂製の光学素子を含むことを特徴とする光走査装置。

【請求項2】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は高解像度光走査装置、特に温度変化によるバックフォーカス変化を補正した光走査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、レーザープリンター等の普及に伴い、走査光学系は、ますます、小型、安価でしかも高性能のものが求められている。そのため、レンズ枚数を減らし、またコンパクト化のために非球面レンズが多用されるが、この非球面レンズを安価に得るために、プラスチックレンズの利用は不可欠になっている。

【0003】

しかし走査光学系のレンズがプラスチックの場合、温度変化による屈折率の変化及び線膨張の影響が大きいため、ある程度の解像度を要求される場合、プラスチックレンズを利用することにより、使用環境の変動、特に温度変化により性能を維持できなくなる場合がある。それに加えて、光源の波長変化の影響もあり、基準設計温度に対して温度変化すると、その走査光学系の像面で主走査方向、副走査方向で各々独立に焦点位置の移動が発生する。

【0004】

このとき温度変化による被走査媒体周辺の像面湾曲の変化は、この走査光学系の基準設計温度での像面湾曲の形をほぼ維持する形でデフォーカス方向にシフトする傾向にある。またこの焦点位置の移動すなわちバックフォーカス変化は温度変化に対して単調増加あるいは単調減少となる。この焦点移動量が走査光学系の像高方向像面湾曲量を考慮にいたした許容ビーム径深度をこえた場合、性能を維持できなくなる。

【0005】

温度変化によって性能に影響を及ぼすビームスポット径は深度が小さいほど、すなわちビームウエスト径が小さいほど影響を受けやすい。ビームウエスト径を小さくしていくと同じ焦点移動量でも深度が狭まり、焦点移動量により深度が小さくなり精度が維持できなくなる。

【0006】

この課題を解決するためには、温度変化に

面湾曲がほぼその形を維持したままシフトする傾向にあるため、偏向器より光源側の入射光学系で補正することが出来る。

【0007】このような設計思想による例として、特開平1-92714号においては、入射光学系と走査光学系とにそれぞれ樹脂製のレンズを配設し、そのパワーを一方を正、他方を負として、副走査方向において、走査光学系の温度変化に対するバックフォーカス変化を相殺するようにしている。

【0008】特開平5-341215号では、入射光学系が主走査方向でほぼ平行光にし、副走査方向では収束光にするアナモフィックレンズと、主走査方向にはほぼパワーをもたず副走査方向に負のパワーを持つ単一のシリンドリカルレンズとで構成されている。

【0009】特開平5-341216号、特開平5-341217号では入射光学系は、それぞれ、コリメータレンズに含まれる負の回転対称なプラスチックレンズと主走査方向にのみ正のパワーを持つアナモフィックなプラスチックレンズ、あるいは光源とプラスチック製の部材で固定されているコリメータレンズと主走査方向にのみ正のパワーを持つアナモフィックなプラスチックレンズの組み合わせを用いて、主走査方向では入射光学系でのみ温度変化による焦点変動をおさえ、副走査方向については光学系全体で温度変化による焦点変動を抑えている。

【0010】さらに、特開平2-161410号においては、入射光学系のコリメータと光源をつなぐ部材の膨張収縮、光学材料の屈折率変化と膨張収縮、光源の温度変化に対するバックフォーカス変化を総合して、主走査方向、副走査方向の両方向の走査光学系の温度変化に対するバックフォーカス変化を、主走査、副走査の各方向についてその性能を維持できる深度に入るようにバランスを取って補正している。

【0011】しかしながら最近ではさらに高解像度対応のレーザービームプリンター等のコンパクト化、低コスト化が要求されるようになり、高解像度対応の機種に対応する走査光学系の樹脂化も必要になっている。このため主走査方向、副走査方向のビームスポット径もより小さくすることが求められ、深度も両方向共に小さくしなければならず、上記の従来技術では対応できなくなる。

【0012】具体的には、特開平1-92714号の場合、副走査方向については、入射光学系の樹脂製の負のパワーを持つシリンドリカルレンズで、温度変化に対する走査光学系のバックフォーカス変化を補正することが出来るが、主走査方向については、この入射光学系では温度変化にほとんど影響を及ぼさず、温度変化による走査光学系のバックフォーカス変化を補正することができない。このため、高解像度の走査光学系の設計への対応としては不十分である

【0013】特開平5-341215号、特開平5-3

41216号、特開平5-341217号では、効果として特開平1-92714号と同じく副走査方向でしか走査光学系の温度変化に対する補正ができていなく、主走査方向については走査光学系の温度変化による影響がそのまま残ってしまう。

【0014】特開平2-16140号は、光源と固定部材によって相互に固定されたコリメータの温度変化によるバックフォーカス変化で、主走査、副走査両方の変化を補正しようとするものである。一般に、走査光学系の温度変化による主走査方向、副走査方向のバックフォーカス変化量の違い、および入射光学系と走査光学系を合わせた全体系での各方向の縦倍率の違いにより、走査光学系の像面でのバックフォーカスの変化量に対する、光源とコリメータの温度変化によるバックフォーカス変化量の影響が、主走査方向と副走査方向とで違うため、コリメータの温度変化によるバックフォーカス変化の目標値が、主走査方向と副走査方向とで異なるのがほとんどである。これに対して上記コリメータは、光学的に光軸のまわりに回転対称であるため、コリメータの温度変化によるバックフォーカス変化は主走査、副走査共に同じ値で2つの異なる目標値には対応できない。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら従来はビームウエスト径が大きかったため、性能を維持できる許容深度も若干幅を持っていた。図2(a)に示されるように、温度変化によるコリメータのバックフォーカス変動範囲は、各方向について幅のある目標値(図では主走査方向は $2 \cdot \Delta m$ 、副走査方向は $2 \cdot \Delta s$)をもっていた。このため主走査方向と副走査方向の目標値が異なっている部分(例えば、図では $b - \Delta s$ から $a + \Delta m$ の範囲)が生じ、これを温度変化によるコリメータのバックフォーカス変化の目標範囲にすれば良かった。

【0016】これに対してより高解像度に対応していくと主走査、副走査の各々のビーム径は小さく設定しなければならず、この結果性能を維持できる許容深度は狭くなり、図2(b)に示されるように温度変化によるコリメータのバックフォーカス変動範囲の各方向の許容幅は小さくなる。その結果図2(b)の様に主走査方向の幅と副走査方向の幅の重複はなくなり、両方向について温度変化に対して性能を維持できるコリメータのバックフォーカス変化量の利用可能な範囲はなくなってしまう。このためこの状態では、従来技術によって温度変化に対して主走査方向、及び副走査方向の両方向の性能を維持するように補正することは不可能であった。

【0017】レーザービームプリンター等の高解像度化に伴い、主走査方向、副走査方向ともにビームウエストの許容される深度が狭くなってきているのに加えて、走査光学系に樹脂レンズを含んでいると温度変化により像面位置が光軸方向に沿って移動する。このとき狭い深度

5

の中で温度変化により走査光学系のバックフォーカス位置が移動すると、上記のように従来の技術では、固定されている被走査媒体上でビーム径を補償できなくなり、近年の高解像度化の要求に十分に答えられるものではなかった。この発明は、樹脂レンズを含む光学系において、高解像度化の要求に応えることのできる光走査装置を得ようとするものである。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明の光走査装置は、光源、入射光学系、偏向器、走査光学系、被走査媒体を含み、光源から出た光が入射光学系を介して偏向器によって偏向され、走査光学系を介して被走査媒体上に結像することによって被走査媒体上を走査する光走査装置において、走査光学系は少なくとも1つの正のパワーを持つ樹脂製の光学素子を含むアナモフィックな光学系であり、入射光学系は、光源と固定部材により相互に固定さ

$$(0.18/\lambda) \cdot \{ (\omega o M^2 / M m^2) + (\omega o S^2 / M s^2) \} \\ \leq |\Delta f_{B_2 M}(\Delta T_{\max}) / M m^2 - \Delta f_{B_2 S}(\Delta T_{\max}) / M s^2|$$

あるいは

$$(0.18/\lambda) \cdot \{ (\omega o M^2 / M m^2) + (\omega o S^2 / M s^2) \} \\ \leq |\Delta f_{B_2 M}(\Delta T_{\min}) / M m^2 - \Delta f_{B_2 S}(\Delta T_{\min}) / M s^2|$$

を満足することが望ましい。但し、ビーム径の定義はビームプロファイルの $1/e^2$ の強度の径とし、また $\Delta T_{\max} (\geq 0)$ 、 $\Delta T_{\min} (\leq 0)$ は、基準設計温度 T_0 に対する動作仕様の温度範囲に対する温度変化量の上下限 $T_0 + \Delta T_{\min} \leq T_0 \leq T_0 + \Delta T_{\max}$ を表わす。

【0020】上記入射光学系は、具体的にはその第一の光学系は、光学面が光軸に対して回転対称であるコリメータ光学系であり、光源からみてそのコリメータの後方にある第二の光学系は、副走査方向に負のパワーを持つ樹脂製の光学素子を持ち、全体として主走査方向にはほぼパワーがなく副走査方向に正のパワーを持つアナモフィックな光学系であり、コリメータから出た光は主走査、副走査方向の両方向でほぼ平行光となる。

【0021】または、第一光学系は、主走査方向では発散光源からの光をほぼ平行光にする作用を有し実質的にコリメータの作用をし、副走査方向については負のパワーを持つ樹脂製のアナモフィック光学素子を持つアナモフィックな光学系であり、第二光学系は、全体として副走査方向に正のパワーを持つアナモフィックな光学系であり、上記第一光学系から出た光は主走査方向ではほぼ平行光で副走査方向では発散光となる。このとき、副走

$$\Delta f_{B_2 M}(\Delta T) / \Delta T \geq 0 \\ \Delta f_{B_2 S}(\Delta T) / \Delta T \geq 0$$

となる。ここで $\Delta f_{B_2 M}(\Delta T)$ 、 $\Delta f_{B_2 S}(\Delta T)$ はそれぞれ主走査方向、副走査方向において温度が ΔT だけ変化したときの走査光学系だけによるバックフォーカス変化量を表わす。

【0024】上記のように、走査光学系の像面湾曲形状

6

れたアナモフィックな光学系であり、主走査方向において光源から出た発散光をほぼ平行光にする第一の光学系と、該第一の光学系を介した光源からの光を、副走査方向において偏向器近傍で結像する第二の光学系とからなり、第一の光学系、あるいは第二光学系のいずれかに副走査方向に負のパワーを持つ樹脂製の光学素子を含むことを特徴とする。

【0019】そして、 $\omega o M$ を走査光学系の結像面における主走査方向の光軸上のビームウエスト径、 $\omega o S$ を走査光学系の像面における副走査方向の光軸上のビームウエスト径、 $M m$ は走査方向（主走査）の全光学系の横倍率の絶対値、 $M s$ は走査方向に垂直な方向（副走査方向）の全光学系の横倍率の絶対値、 $\Delta f_{B_2 M}(\Delta T)$ 、 $\Delta f_{B_2 S}(\Delta T)$ は温度変化が ΔT の時の走査光学系だけによる主走査方向、副走査方向各々についてのバックフォーカス変化、 λ は使用波長としたとき、

査方向に負のパワーを持つ樹脂製のアナモフィック光学素子はシリンドリカルレンズであってもよい。

【0022】

【作用】走査光学系においてパワーを持つ樹脂製の光学素子を含むと、走査光学系の温度変化によるバックフォーカス変化への影響は、樹脂製の光学素子を含まないすべて硝子製の光学素子からなる光学系に比べてかなり大きい。また通常、樹脂の場合、基準設計温度より温度が上昇すると樹脂の屈折率は基準設計の時の屈折率より低下し、樹脂自身膨張する傾向にある。その他に半導体レーザー等の光源は温度が上昇すると発振波長が長くなる。この結果、硝子製のレンズでもいえることであるが、正のパワーを持つ樹脂製の光学素子においては、温度上昇によりバックフォーカスは伸びる傾向となる。このとき基準設計温度における像高に対する走査光学系の被走査媒体周辺の像面湾曲形状は、温度変化に対して、その像面湾曲形状がほぼ維持されながらバックフォーカス変化分デフォーカスシフトする傾向にある。

【0023】そのため走査光学系に樹脂製の光学素子を含み、主走査方向、副走査方向の各方向について樹脂製の光学素子のパワーの合計が正となる場合、光の進む方向を正とすると

$$(1)$$

$$(2)$$

は、温度変化に対してはほぼその形状を維持しながらデフォーカス方向にシフトするだけであるので、入射光学系で走査光学系のバックフォーカス変化を補正することができる。このとき入射光学系で走査光学系の温度変化によるバックフォーカス変化量を主走査方向、副走査方向

7

の各方向でそれぞれ補正して、入射光学系と走査光学系を合わせたときの温度変化による各方向のバックフォーカス変化量を、性能を維持できる範囲に抑えなければならない。すなわち、温度変化 ΔT に対する入射光学系と走査光学系を合わせた全体系の被走査媒体上での主走査

$$|\Delta f_{Bm}(\Delta T)| \leq \delta m$$

$$|\Delta f_{Bs}(\Delta T)| \leq \delta s$$

【0025】性能を維持できる範囲、 δm 、 δs は性能を維持できる各方向の片側深度 X_{om} 、 X_{os} から走査光学系の加工誤差、配置誤差による主走査方向、副走査方向の片側マージン P_m 、 P_s 、及び設計で生じる主走査方向、

$$\delta m = X_{om} - P_m - D_m$$

$$\delta s = X_{os} - P_s - D_s$$

ここで性能を維持できる片側深度 X_{om} 、 X_{os} は、走査光学系の光軸上におけるビームウエスト径、及びその許容されるビームばらつき、ビーム許容深度で決まる。ここで深度の片側を定義している理由は、使用温度が基準設計温度に対して正方向、負方向両側に変化することを仕様としている光学装置が多いためである。

$$\omega = \omega_0 \sqrt{1 + (4\lambda x / \pi \omega_0^2)^2}$$

で表わされる。ここで λ はビームの波長、また図3に示すように ω_0 はビームウエスト、 x はビームウエスト位置から所定のビームスポット径(ω)となる位置までの距離を表わしている。またビーム径の定義はビームプロファイルの $1/e^2$ の強度の径を表わしている。ここで、

$$X_0 = (\pi \omega_0 / 4\lambda) \sqrt{\omega^2 - \omega_0^2}$$

$$= (\pi \omega_0^2 / 4\lambda) \sqrt{\epsilon^2 - 1}$$

ここで $\epsilon = \omega / \omega_0$: ビーム許容係数となる。

【0027】(8)式において、特に高解像度対応となるとビーム径ばらつきに対する要求が厳しくなり、ビーム許容係数は $\epsilon = 1.1$ 位にする必要がある。 $\epsilon = 1.1$ として、使用波長 λ を780nmとしたときのビームウエスト ω_0 と片側許容深度 X_0 との関係をグラフ化して図4に示す。この図4をみると、従来のプラスチックレンズを使用した光学系での例として、光軸上のビーム

$$X_{om} = (\pi \omega_0^2 / 4\lambda) \sqrt{\epsilon^2 - 1}$$

$$X_{os} = (\pi \omega_0^2 / 4\lambda) \sqrt{\epsilon^2 - 1}$$

となる。ここで ω_{0m} は走査光学系の被走査媒体周辺での主走査方向の光軸上のビームウエスト径、 ω_{0s} は走査光学系の被走査媒体周辺での副走査方向の光軸上のビームウエスト径である。

【0028】主走査方向、副走査方向の片側設計像面湾曲マージン D_m 、 D_s は、走査光学系の設計値によるものである。通常、走査光学系は、偏向器である回転多面鏡の反射面の面の出入りの影響で、被走査媒体周辺で像高方向に対して像面湾曲が発生する。最近では高解像度対応として、この回転多面鏡の面の出入りの影響を補正した

8

方向、副走査方向のバックフォーカス変化量、それぞれ $\Delta f_{Bm}(\Delta T)$ 、 $\Delta f_{Bs}(\Delta T)$ は、以下で述べる性能を維持できる範囲 δ (主走査方向 δm 、副走査方向 δs)に対して以下の関係を満たさなければならない。

$$(3)$$

$$(4)$$

副走査方向についての像高方向に対する片側設計像面湾曲マージン D_m 、 D_s を引いた値と定義することができる。

$$(5)$$

$$(6)$$

【0026】光軸上のビーム許容深度は以下の様に求めることができる。ビームはガウシアンビームであると仮定したとき、ビームが絞られる位置周辺でのビームスポット径 ω は

【数1】

$$(7)$$

ビームウエスト ω_0 に対して許容できるビーム径を ω_s とすると、そのときの深度 $2X_0$ についてそのビーム径を許容する深度の片側 X_0 は、(7)式において $\omega = \omega_s$ 、 $x = X_0$ とおくことができ、片側許容深度 X_0 は

【数2】

ウエスト径は主走査方向70 μ m、副走査方向100 μ mであると、 $\epsilon = 1.1$ として主走査片側許容深度約2.3mm、副走査は約4.5mmという深度を持っていたが、高解像度化対応として光軸上のビームウエスト径が主走査50 μ m、副走査60 μ mとすると、主走査片側深度は約1.1mm、副走査片側深度は約1.7mmとかなり小さくなるのがわかる。以上を主走査方向、副走査方向について改めてまとめると、

【数3】

走査光学系の案も発表されているが、これについても像高方向に対して若干の像面湾曲が残る場合がある。また像高が大となると収差がビーム内で発生してビーム径が大きくなり、その分その像高における深度が軸上の深度に比べて小さくなる傾向がある。この片側像面湾曲マージンは、走査光学系の被走査媒体上での印字幅に相当する像高全体で、像面湾曲変動分の片側と像高を持ったビーム内の収差による深度の減少分を表わしたものである。

【0029】主走査方向、副走査方向についての加工誤

9

差、配置誤差マージン P_m 、 P_s は、実際の光走査装置の光学素子等の加工誤差、あるいは光走査装置の光学素子等の配置誤差による像高に対する像面湾曲分を表わしている。特にビーム径の小さい高解像度光走査装置対応となると、この影響は大きくなる。

【0030】この主走査方向、副走査方向の片側設計像面湾曲マージンと加工誤差、配置誤差マージンを合わせたマージンは、特に高解像度対応の光走査装置では深度

$$\delta_m = (\pi \omega_0 M^2 / 8 \lambda) \sqrt{\epsilon^2 - 1} \quad (13)$$

$$\delta_s = (\pi \omega_0 s^2 / 8 \lambda) \sqrt{\epsilon^2 - 1} \quad (14)$$

で表わすことができる。この式からみても、走査光学系が高解像度化となると軸上ビームウエスト径は小さくなり、性能を維持できる範囲 δ_m 、 δ_s はビームウエスト径の自乗に比例して小さくなり、許容幅が小さくなることがわかる。

【0031】入射光学系によって補正する手段として、入射光学系を、光源と固定部材により相互に固定されており、主走査方向において光源からでた発散光をほぼ平行光にする第一の光学系と、光源から該第一の光学系をた光を、副走査方向において偏向器近傍で結像する副走査方向にパワーを持つシリンドリカル光学系である第二の光学系とからなり、これに加えて第一の光学系あるいは第二の光学系のいずれかに副走査方向に負のパワーを持つ樹脂製の光学素子を含む形の光学系とすれば、主走査、副走査各方向について、光学系全体の温度変化によるバックフォーカス変化量を各方向でそれぞれ零にできる可能性がある。温度変化により光学系全体の被走査媒体周辺でのバックフォーカス変化に、上記入射光学系が影響を及ぼす大きな要因として以下の3つの要因が考えられる。

①温度変化 ΔT により、上記固定部材の膨張収縮による

$$\begin{aligned} & \Delta f_{Bm}(\Delta T) \\ &= \Delta f_{BML}(\Delta T) + \Delta f_{BM\lambda}(\Delta T) + \Delta f_{BMN}(\Delta T) + \Delta f_{B2M}(\Delta T) \\ & \dots \quad (15) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \Delta f_{Bs}(\Delta T) \\ &= \Delta f_{BSL}(\Delta T) + \Delta f_{BS\lambda}(\Delta T) + \Delta f_{BSN}(\Delta T) + \Delta f_{B2S}(\Delta T) \\ & \dots \quad (16) \end{aligned}$$

で表わすことができる。このような関係を利用して、走査光学系の温度変化による影響を入射光学系で補正し、光学系全体での温度変化によるバックフォーカス変化量を所定の性能を維持できる範囲に抑えなければならない。

【0033】この発明の光走査装置において入射光学系は、少なくともその主走査方向で光源から出た光をほぼ平行光にする作用を持つ光学系部分まで、光源と固定部材により相互に固定されている。その固定部材により相互に固定されている光源と入射光学系の第一光学系の1例を図5に示す。図5において、1が光源である半導体レーザー、2が発散光を主走査方向でほぼ平行光にする

10

が少なくなるため、少なくとも走査光学系の軸上深度の $1/2$ を見込む必要がある。

$$D_m + P_m \leq X_{0m} / 2 \quad (11)$$

$$D_s + P_s \leq X_{0s} / 2 \quad (12)$$

性能を維持できる範囲 δ_m 、 δ_s は、(5) 式、(6)

式、(9) 式、(10) 式、(11) 式、(12) 式から

【数4】

光源と入射光学系の一部との間隔が変化することによる被走査媒体周辺でのバックフォーカス変化の影響

主走査方向 $\Delta f_{BML}(\Delta T)$

副走査方向 $\Delta f_{BSL}(\Delta T)$

②光源の温度変化からくる波長変化による被走査媒体周辺でのバックフォーカス変化の影響

主走査方向 $\Delta f_{BM\lambda}(\Delta T)$

副走査方向 $\Delta f_{BS\lambda}(\Delta T)$

③温度変化による入射光学系内の光学素子の膨張収縮、屈折率変化による被走査媒体周辺でのバックフォーカス変化の影響

主走査方向 $\Delta f_{BMN}(\Delta T)$

副走査方向 $\Delta f_{BSN}(\Delta T)$

【0032】入射光学系と走査光学系を合わせた光学系全体での被走査媒体周辺での温度変化 ΔT による主走査方向、副走査方向のバックフォーカス変化量 $\Delta f_{Bm}(\Delta T)$ 、 $\Delta f_{Bs}(\Delta T)$ は上記入射光学系の3つの温度変化による影響に走査光学系の温度変化 ΔT による主走査方向、副走査方向のバックフォーカス変化分 $\Delta f_{B2M}(\Delta T)$ 、 $\Delta f_{B2S}(\Delta T)$ を各方向ごとに加えたものであるから、

入射光学系の第一の光学系であり、2' がその光学系の鏡棒である。この光学系の鏡棒と半導体レーザーは3の固定部材に相互に固定されている。ここで固定部材3はその温度変化に対する線膨張率が鏡棒2' やスペーサの温度変化よりも大きい材料を使用する。

【0034】通常、部材の温度変化に対する線膨張係数は正であるから、温度が上昇したときは固定部材が膨張して、上記光学系の鏡棒2' と光源1の間隔は若干のびる、その結果、入射光学系からみると光源は光の進行方向に対して負の方向に動くことになる。固定部材への光源の取り付け部から上記鏡棒の固定部材への取り付け部の間隔を $1x$ とし(間隔 $1x$ は、固定部材への光源の取

11

り付け部と、入射光学系の取り付け部との間隔であるが、実際には取り付け構造により変わってくる、この間隔に相当する値を算出するため実験を何回か行ったが、その結果、主走査方向における入射光学系の焦点距離と

$$\Delta S (\Delta T) = -L \cdot l_x \cdot \Delta T$$

となる。

【0035】全体系での主走査方向での横倍率の絶対値を M_m 、副走査方向での横倍率の絶対値を M_s とする
と、温度変化 ΔT による上記固定部材の膨張収縮による

$$\Delta f_{BML} (\Delta T) = M_m^2 \cdot \Delta S = -M_m^2 \cdot L \cdot l_x \cdot \Delta T \quad (18)$$

$$\Delta f_{BSL} (\Delta T) = M_s^2 \cdot \Delta S = -M_s^2 \cdot L \cdot l_x \cdot \Delta T \quad (19)$$

となる。温度変化に対する線膨張係数は $L \geq 0$ 、光源と主走査方向 $\Delta f_{BML} (\Delta T) / \Delta T \leq 0$

$$\text{副走査方向} \Delta f_{BSL} (\Delta T) / \Delta T \leq 0$$

となる。(1)(2)から正のパワーを持つ走査光学系の温度変化によるバックフォーカスの変化は正となり、(15)、(16)、(20)、(21)式から温度変化による光源と上記光学系をとりつける固定部材の影響は、走査光学系の被走査媒体周辺でのバックフォーカスの負の変化となり、互いに打ち消しあう傾向となる。

【0036】温度が変化することにより、特に光源が半導体レーザーの場合、発振波長が若干変化する。これにより入射光学系内の光学材料の屈折率が変化して、その影響でも走査光学系の被走査媒体周辺でのバックフォーカス位置が変化する。主走査方向で見た場合、入射光学系は光源から発する光線をほぼ平行光にする作用を持つので、そのバックフォーカス位置は無限に近い位置となる。そのため、入射光学系だけでそのまま温度変化によるバックフォーカス変化位置を議論するのは難しい。こ

$$\Delta f_{BM\lambda} (\Delta T) = \Delta f_{B\lambda} (\Delta T) \cdot M_m^2 \quad (22)$$

という関係となる。

【0038】副走査方向で見た場合は、光源からでた光は入射光学系を介して、一旦偏向器近傍で集光する。そのため温度変化によって生じる光源の波長変化による入射光学系の偏向器近傍でのバックフォーカス変化を $\Delta f_{BS\lambda} (\Delta T)$

$$\Delta f_{BS\lambda} (\Delta T) = \Delta f_{B\lambda} (\Delta T) \cdot M_s^2 \quad (23)$$

で表わせる。また倍率関係は

$$M_s = M_{1s} \cdot M_{2s} \quad (24)$$

となる。以上が入射光学系の温度変化で生じる波長変化によるバックフォーカス変化が被走査媒体周辺に及ぼす影響である。

【0039】入射光学系の温度変化で生じる光源の波長

$$\begin{aligned} \Delta f_{B\lambda} (\Delta T) / \Delta T &= \partial f_{B\lambda} / \partial \lambda \cdot \partial \lambda / \partial T \\ &= \sum \partial f_{B\lambda} / \partial n_i \cdot \partial n_i / \partial \lambda \cdot \partial \lambda / \partial T \end{aligned} \quad (25)$$

$$\begin{aligned} \Delta f_{BS\lambda} (\Delta T) / \Delta T &= \sum \partial f_{BS\lambda} / \partial n_i \cdot \partial n_i / \partial \lambda \cdot \partial \lambda / \partial T \end{aligned} \quad (26)$$

ここで n_i は入射光学系の i 番目の光学素子の屈折率を、 λ は光源の発する光の波長を表わす。

【0040】 $(\partial \lambda / \partial T)$ は、光源として半導体レー

12

ほぼ等しいことがわかっている。)、また固定部材の線膨張係数を L とすると、温度が ΔT 変化したときの入射光学系からみたときの光源の移動量を $\Delta S (\Delta T)$ とすると

$$(17)$$

光源と入射光学系の一部との間隔変化による被走査媒体周辺での主走査方向のバックフォーカス変化 $\Delta f_{BML} (\Delta T)$ 、副走査方向の変化 $\Delta f_{BSL} (\Delta T)$ はそれ

ぞれ

$$(18)$$

$$(19)$$

光学系の間隔 $l_x \geq 0$ であるから、

$$(20)$$

$$(21)$$

の議論を簡略化するために、主走査方向については入射光学系に対して、温度変化によって波長変化した平行光を光源と反対側から入射したときの、光源位置周辺での温度変化による光源の波長変化が原因となるバックフォーカス変化量をもとめ、入射光学系と走査光学系を合わせた全体系の縦倍率の関係から、上記影響による被走査媒体でのバックフォーカス変化を算出すればよい。

【0037】この主走査方向において入射光学系の光源の波長変化による影響に対して、光源の反対側から波長変化した平行光が入射したときの入射光学系の光源周辺でのバックフォーカス変化量を $\Delta f_{B\lambda} (\Delta T)$ とすると、主走査方向での被走査媒体周辺での入射光学系の波長変化の影響によるバックフォーカス変化 $\Delta f_{BM\lambda} (\Delta T)$ は

$$(22)$$

$B_{1s\lambda} (\Delta T)$ として、入射光学系の副走査方向の横倍率の絶対値を M_{1s} 、走査光学系の横倍率の絶対値を M_{2s} とすると、副走査方向での被走査媒体周辺での入射光学系の波長変化によるバックフォーカス変化 $\Delta f_{BS\lambda} (\Delta T)$ は、

$$(23)$$

$$(24)$$

変化によるバックフォーカス変化は、さらに次のような形に分解することができる。 $f_{B\lambda}$ 、 $f_{BS\lambda}$ を入射光学系でのバックフォーカス値とすると、

ザーを用いると温度があがると波長が若干上昇するため正となる。 $(\partial \lambda / \partial T \geq 0)$

また $(\partial n_i / \partial \lambda)$ は通常の光学素材であれば負であ

13

る。($\partial n_i / \partial \lambda \leq 0$)

また主走査方向についてみると $\Sigma (\partial f_{B_i M} / \partial n_i \cdot \partial n_i / \partial \lambda)$ はその光学素子のパワー配置のとりかたで正にも負にも変えることが出来る。そのため、光学素材の選定およびパワー配置等を他の要因による温度変化による影響と組み合わせて決定して行けば良い。しかしながら、あえてこの波長変化による影響をコントロールするためパワー配置までもコントロールするとなると、光学素子の数も余計に増えコストアップとなる。この入射光学系は主走査方向、副走査方向共に全体として正のパワーを持っている。そのためあえて波長変化による影響をパワー配置でコントロールしないとすれば、波長変化による影響について、入射光学系において正のパワーを持つ光学素子の影響の方が大きい傾向となり、正のパワ

$$\Delta f_{BMN} (\Delta T) = \Delta f_{B_i M N} (\Delta T) \cdot M m^2 \quad (27)$$

$$\Delta f_{BSN} (\Delta T) = \Delta f_{B_i S N} (\Delta T) \cdot M s^2 \quad (28)$$

となる。ここで上記温度変化で生じる光源の波長変化による影響の説明で述べたのと同じ形で、 $\Delta f_{B_i M N} (\Delta T)$ は、主走査方向について入射光学系に対して光源と反対方向から平行光を入射したときの光源周辺での入射光学系のバックフォーカス変化を表わし、 $\Delta f_{B_i S N} (\Delta T)$ は、副走査方向での入射光学系の偏向器周辺でのバ

$$\Delta f_{B_i M N} (\Delta T) / \Delta T$$

$$\begin{aligned} &= \Sigma \partial f_{B_i M} / \partial n_i \cdot \partial n_i / \partial T + \Sigma \partial f_{B_i M} / \partial D_i \cdot \partial D_i / \partial T \\ &+ \Sigma \partial f_{B_i M} / \partial S m_j \cdot \partial S m_j / \partial T \end{aligned} \quad (29)$$

で表わされる。ここで n_i は第 i 番目光学素子の材料の屈折率を表わし、 D_i は第 i 番目の光学素子の軸上厚を表わし、 $S m_j$ は第 j 番目の主走査側の光学素子面を表わす。 $\partial D_i / \partial T$ 、 $\partial S j \partial / \partial T$ は第 j 番目の面を持つ第 i 番目の光学素材の線膨張係数 $L n_i$ による効果で

$$\partial S m_j / \partial T = \partial R m_j / \partial T = L n_i \cdot R m_j \quad (31)$$

となる。この場合は球面であるが、非球面の場合は線膨張係数分の比例拡大縮小で計算すれば良い。

【0043】ここで光学素子の軸上厚変化によるバック

$$\partial f_{B_i M} / \partial D_i \cdot \partial D_i / \partial T \sim 0 \quad (32)$$

とおける。この結果 (29) 式は

$$\begin{aligned} &\Delta f_{B_i M N} (\Delta T) / \Delta T \\ &= \Sigma \partial f_{B_i M} / \partial n_i \cdot \partial n_i / \partial T + \Sigma \partial f_{B_i M} / \partial S m_j \cdot \partial S m_j / \partial T \end{aligned} \quad (33)$$

とおくことができる。副走査方向についても同様で、第 j 番目の副走査方向の面の状態を $S s_j$ とすると

$$\begin{aligned} &\Delta f_{B_i S N} (\Delta T) / \Delta T \\ &= \Sigma \partial f_{B_i S} / \partial n_i \cdot \partial n_i / \partial T + \Sigma \partial f_{B_i S} / \partial S s_j \cdot \partial S s_j / \partial T \end{aligned} \quad (34)$$

となる。

【0044】光学素子が樹脂製の場合、光学素材が硝子製の場合に比べて温度変化による線膨張係数 $L n_i$ がはるかに大きく、 $\partial S m_j / \partial T$ や $\partial S s_j / \partial T$ は大きくなる。また光学素材が樹脂製の場合、温度変化による屈折率変化 $\partial n_i / \partial T$ も硝子に比べて大きい。 j 番目の負のパワーの面と、 $j = 1$ 番目のパワーを持たない面と

14

一を持つ光学素子の $\partial f_{B_i M} / \partial n_i$ は負となるため、

(25) 式は正となる可能性が大きい。(26) 式の副走査方向でも上記と同様のことがいえる。このように波長変化による影響ではない他の要因からなる温度変化による影響を考慮にいれながら、温度変化による波長変化による被走査媒体でのバックフォーカス変化をコントロールしていくことについては、それにあった入射光学系の光学素子の光学材料の選定をしてゆけばよい。

【0041】温度変化により光学素材は膨張収縮し、またその屈折率は変化する。入射光学系におけるこの変化による被走査媒体でのバックフォーカス変化の主走査方向の影響 $\Delta f_{BMN} (\Delta T)$ 、および副走査方向の影響 $\Delta f_{BSN} (\Delta T)$ は

ックフォーカス変化量を表わす。

【0042】このとき入射光学系の主走査方向での温度変化によるバックフォーカス変化 $\Delta f_{B_i M N} (\Delta T)$ は、温度変化による光学素材の屈折率の変化、及び光学素材の膨張収縮によるものであるからさらに分解すると、

$$\partial D_i / \partial T = L n_i \cdot D_i \quad (30)$$

また $\partial S m_j / \partial T$ は i 番目の光学素子にある j 番目の光学面が主走査方向の曲率半径 $R m_j$ の球面であるとする

フォーカス変化 $\partial f_{B_i M} / \partial D_i$ は他の要因に比べて変化が小さいことにより

を持つ i 番目の負のパワーを持つ光学素子が樹脂製で、温度が上昇した場合、 j 番目の面の膨張の影響でバックフォーカスは短くなる方向となり、これに加えて温度が上昇すると屈折率がさがり、しかも負のパワーをもつため屈折率が下がるとさらにバックフォーカスが短くなる方向である。以上のことより温度変化により入射光学系の主走査方向、副走査方向の各方向に違うバックフォー

15

カス変化を持たせて、走査光学系の温度変化を全体として補正する。特に、樹脂製の、主走査と副走査とに違うパワーを持つ少なくとも1つの光学素子を用いれば、主走査方向、副走査方向の各方向を独立して補正することが可能となる。

$$\begin{aligned} \Delta f_{Bm}(\Delta T) \\ = Mm^2 \cdot (-L \cdot 1x \cdot \Delta T + f_{Bm\lambda}(\Delta T) + \Delta f_{BmN}(\Delta T)) \\ + \Delta f_{B\lambda M}(\Delta T) \end{aligned} \quad (35)$$

$$\begin{aligned} \Delta f_{Bs}(\Delta T) \\ = -Ms^2 \cdot L \cdot 1x \cdot \Delta T \\ + Ms^2 \cdot (\Delta f_{Bs\lambda}(\Delta T) + \Delta f_{BsN}(\Delta T)) + \Delta f_{Bs}(\Delta T) \end{aligned} \quad (36)$$

と表わすことができる。このように走査光学系の主走査方向、副走査方向の走査光学系の温度変化によるバックフォーカス変化を、各方向独自に入射光学系で補正するには、まず主走査方向で上記3つの影響を考慮して固定部材の材料および光学素子を選定して主走査方向の温度変化による走査光学系のバックフォーカス変化をほぼ打ち消し、次に副走査方向において上記3つの影響を考慮して、上記材料の主走査方向での選定の他に、入射光学系の副走査方向に負のパワーを持つ樹脂製の光学素子のパワーを選定して、副走査方向の温度変化による走査光学系のバックフォーカス変化をほぼ打ち消すような手順で入射光学系を設計すればよい。

【0046】主走査方向、副走査方向の各方向についての走査光学系の深度と全体系の倍率、走査光学系の温度変化によるバックフォーカス変化量の関係から、従来の技術、例えば特開平2-161410号に開示された公知の手段が適用可能かどうかをきまる。本発明を用いると、特開平2-161410号よりもコストアップとなる場合が多いため、もし該公知の手段を利用可能であればこれを採用した方がよい。逆に本発明の場合、公知の

$$\begin{aligned} |\Delta f_{Bm}(\Delta T)| &\leq \delta m \\ |\Delta f_{Bs}(\Delta T)| &\leq \delta s \end{aligned}$$

を満たさなければならない。

【0048】入射光学系は次のように構成される。すなわち、光源からでた光はコリメータを介して主走査方向、副走査方向共にほぼ平行光となる。そして主走査方向にはほぼパワーがなく、副走査方向に正のパワーを持つ硝子製のシリンドリカルレンズを介して、偏向器近傍で主走査方向はほぼそのまま平行光、副走査方向では集光する光学系となっている。このため入射光学系で走査光学系の温度変化によるバックフォーカス変化を補正するには、光源と固定部材により取り付けられたコリメータの温度変化による変化で上記3つの要因を用いてコントロールすることになる。コリメータの温度変化 ΔT による上記3つの要因を合わせたバックフォーカス変化量を $\Delta f_{BCOL}(\Delta T)$ とする。この値はコリメータが光学的に光軸のまわりに回転対称であるため、主走査方向、

$$\Delta f_{Bm}(\Delta T) = \Delta f_{BCOL}(\Delta T) \cdot Mm^2 + \Delta f_{B\lambda M}(\Delta T) \quad (39)$$

16

【0045】以上より、入射光学系の温度変化による被走査媒体への影響として3つの要因を考慮した全体系の温度変化の式(15)、式(16)は、式(18)、式(19)、式(22)、式(23)、式(27)、式(28)式より

手段が適用できないとき有用である。このため、この発明が有用な条件、すなわち公知の手段が適用不可能な条件設定が必要となる。

【0047】該公知の手段は、入射光学系が、光源と固定部材により相互に固定されているコリメータと、副走査方向に正のパワーを持つ硝子製のシリンドリカルレンズからなる光学系を用い、その入射光学系の

①温度変化による光源とコリメータを取り付けている固定部材の変化の影響

②温度変化で生じる光源の波長変化による影響

③温度変化による入射光学系内の光学素子の膨張、収縮、屈折率変化による影響

の3つの温度変化の要因をコントロールして、走査光学系の温度変化 ΔT によるバックフォーカス変化、主走査方向では $\Delta f_{Bm}(\Delta T)$ 、副走査方向では $\Delta f_{Bs}(\Delta T)$ を補正し、入射光学系と走査光学系を合わせた光学系全体のバックフォーカス変化、主走査方向では $\Delta f_{Bm}(\Delta T)$ 、副走査方向では $\Delta f_{Bs}(\Delta T)$ を各々各方向の性能を維持できる範囲 δm 、 δs におさえるという方法である。すなわち、

$$(37)$$

$$(38)$$

及び副走査方向の値は同じ値となる。

【0049】副走査方向に正のパワーを持つシリンドリカルレンズは、主走査方向にはパワーを持たず、しかも主走査方向においてはこのシリンドリカルレンズを通る光はほぼ平行光であるため、主走査方向においてはシリンドリカルレンズにより温度変化による影響は受けない。副走査方向におけるシリンドリカルレンズの温度変化 ΔT によるバックフォーカス変化を $\Delta f_{BCV}(\Delta T)$ とし、全体系的主走査横倍率の絶対値を Mm 、副走査横倍率の絶対値を Ms 、走査光学系の副走査横倍率の絶対値を Mss とすると、光学系全体での温度変化 ΔT によるバックフォーカス変化量「主走査方向は $\Delta f_{Bm}(\Delta T)$ 、副走査方向は $\Delta f_{Bs}(\Delta T)$ 」は以下の様になる。

主走査方向

$$(39)$$

17

副走査方向

$$\Delta f_{Bs}(\Delta T) = \Delta f_{BCOL}(\Delta T) \cdot M s^2 + \Delta f_{BCY}(\Delta T) \cdot M_2 s^2 \\ + \Delta f_{B_2S}(\Delta T) \quad (40)$$

【0050】ここで、公知例ではシリンドリカルレンズは硝子製であり、シリンドリカルレンズのバックフォーカス変化量は小さく、また走査光学系の副走査縦倍率も

$$\Delta f_{BCOL}(\Delta T) \cdot M s^2 + \Delta f_{B_2S}(\Delta T) \gg \Delta f_{BCY}(\Delta T) \cdot M_2 s^2 \quad (41)$$

となり、 $\Delta f_{BCY}(\Delta T) \cdot M_2 s^2 \sim 0$ とおくことができる。このことにより副走査方向は(40)式から

$$\Delta f_{Bs}(\Delta T) = \Delta f_{BCOL}(\Delta T) \cdot M s^2 + \Delta f_{B_2S}(\Delta T) \quad (42)$$

となる。(39)式、(42)式から、公知の手段を用いた入射光学系による走査光学系の温度補償法は、主走査方向、副走査方向共にコリメータの温度変化 ΔT によるバックフォーカス変化量 $\Delta f_{BCOL}(\Delta T)$ の1つの値に依存することが分かる。

【0051】該公知の手段が適用可能な条件は、上記(39)、(42)式を同時に満たす温度変化 ΔT の時のコリメータのバックフォーカス変化量 $\Delta f_{BCOL}(\Delta T)$ の目標値が、温度保証範囲に対応する保証温度変化範囲 ΔT_{min} から ΔT_{max} の範囲で常に存在する場合である。これを図2でも説明したが改めて図6に示すと、図6(a)の様に(39)式を満たす主走査の $\Delta f_{BCOL}(\Delta T)$ の範囲と(42)式を満たす $\Delta f_{BCOL}(\Delta T)$ の範

$$-\delta m \leq \Delta f_{BCOL}(\Delta T) \cdot M m^2 + \Delta f_{B_2M}(\Delta T) \leq \delta m \quad (43)$$

副走査方向

$$-\delta s \leq \Delta f_{BCOL}(\Delta T) \cdot M s^2 + \Delta f_{B_2S}(\Delta T) \leq \delta s \quad (44)$$

で表わされる。さらに変形すると

$$-(\delta m + \Delta f_{B_2M}(\Delta T)) / M m^2 \leq \Delta f_{BCOL}(\Delta T) \\ \leq (\delta m - \Delta f_{B_2M}(\Delta T)) / M m^2 \quad (45)$$

副走査方向

$$-(\delta s + \Delta f_{B_2S}(\Delta T)) / M s^2 \leq \Delta f_{BCOL}(\Delta T) \\ \leq (\delta s - \Delta f_{B_2S}(\Delta T)) / M s^2 \quad (46)$$

となる。

【0053】ここで本発明を適用しなければならないのは、図6(b-1)、図6(b-2)の様に主走査方向及び副走査方向の両方向で、(45)式、(46)式を

$$(\delta m - \Delta f_{B_2M}(\Delta T)) / M m^2 \leq \\ -(\delta s + \Delta f_{B_2S}(\Delta T)) / M s^2 \quad (47)$$

図6(b-2)の場合

$$(\delta s - \Delta f_{B_2S}(\Delta T)) / M s^2 \leq \\ -(\delta m + \Delta f_{B_2M}(\Delta T)) / M m^2 \quad (48)$$

となり、(47)式あるいは(48)式のいずれかを満足する範囲であれば、公知の手段が適用不可能となり、本発明が必要となる範囲となる。

$$\delta m / M m^2 + \delta s / M s^2 < \\ -(\Delta f_{B_2M}(\Delta T) / M m^2 + \Delta f_{B_2S}(\Delta T) / M s^2) \quad (49)$$

上記(49)式の δm 、 δs の性能維持範囲は主走査、副走査のビーム許容深度から設計による像面湾曲マージン、加工誤差、配置誤差マージンを引いた実質性能を維

18

他の全系の倍率に比べて小さいため、(40)式の $\Delta f_{BCY}(\Delta T) \cdot M_2 s^2$ 項は

副走査方向

開が重複する場合である。また図6(b-1)や図6(b-2)の場合は、主走査方向の(39)式と副走査方向の(42)式を同時に満たす $\Delta f_{BCOL}(\Delta T)$ が存在しない場合を表わし、本発明が必要となる範囲である。

【0052】本発明を適用しなければならないための条件を導くため、まず公知手段が適用できる範囲を再度算出する。これは(39)式、(42)式の各方向の光学系全体の温度 ΔT によるバックフォーカス変化を(37)式、(38)式に示される性能を維持できる範囲 δm 、 δs に抑えなければならないので、(37)、(38)式を書き替えると

主走査方向

同時に満足する $\Delta f_{BCOL}(\Delta T)$ の目標値が存在しない場合がその条件となる。すなわち(45)式、(46)式から図6(b-1)の場合

【0054】さらに(47)、(48)式を変形すると、

持できる範囲で、(13)式、(14)式で記載した形となる。また高解像度化に対してはビーム許容係数は少なくとも $\epsilon = 1$ 、1位にしなければならない。このよう

19

な事項を(49)式に代入すると

$$(0.18/\lambda) \cdot [(\omega_0 M^2/\lambda M^2) + (\omega_0 S^2/\lambda S^2)] \\ \leq \Delta f B_2 M (\Delta T) / \lambda M^2 - \Delta f B_2 S (\Delta T) / \lambda S^2 \quad (50)$$

となる。ここで、 $\omega_0 M$ は主走査方向の走査光学系の光軸上の被走査媒体周辺でのビームウエスト径、 $\omega_0 S$ は副走査方向の走査光学系の光軸上の被走査媒体周辺でのビームウエスト径、 λ は光源から発する光の波長を表わす。

$$T_0 + \Delta T_{\min} \leq T_0 \leq T_0 + \Delta T_{\max} \quad (51)$$

この温度範囲の中で(50)式を満たす温度変化量 ΔT が少しでも存在すれば、公知の手段を用いることは不可能となり、本発明の手段が必要となる条件となる。通常温度変化に対する各光学系のバックフォーカス変化は、温度変化に対して単調増加あるいは単調減少である。こ

$$(0.18/\lambda) \cdot [(\omega_0 M^2/\lambda M^2) + (\omega_0 S^2/\lambda S^2)] \\ \leq \Delta f B_2 M (\Delta T_{\max}) / \lambda M^2 - \Delta f B_2 S (\Delta T_{\max}) / \lambda S^2 \quad (52)$$

あるいは

$$(0.18/\lambda) \cdot [(\omega_0 M^2/\lambda M^2) + (\omega_0 S^2/\lambda S^2)] \\ \leq \Delta f B_2 M (\Delta T_{\min}) / \lambda M^2 - \Delta f B_2 S (\Delta T_{\min}) / \lambda S^2 \quad (53)$$

となる。

【0056】本発明においては、光源と共に固定部材に取り付けられており、光学面が光軸に対して回転対称であるコリメータである第一光学系と、光源からみてコリメータの後方にある副走査方向に負のパワーをもつ樹脂製のシリンドリカルレンズを含む第二光学系からなる、全体として副走査方向に正のパワーを持つアナモフィック光学系である入射光学系を用いる。コリメータ光学系の温度変化によるすでに述べた3つの要因からなる影響で、走査光学系の温度変化による主走査方向のバックフォーカス変化を補正する。このとき、副走査方向については、上記コリメータによる補正だけでは補正不足となり、シリンドリカル光学系の負のパワーを持つシリンドリカルレンズのパワーでその不足分を補正しようとするものである。この光学装置の場合、コリメータをでた光は主走査、副走査共に平行光であるため、コリメータ光学系、シリンドリカル光学系については各々無限光学系となり、2つの光学系を分離して設計、および実機評価が可能となり、また配置についても調整しやすい光学装置である。

【0057】また他の構成として、光源からみて順に、光源と共に固定部材により固定されている、主走査方向では発散光源からの光をほぼ平行光にし、副走査方向については負のパワーを持つ樹脂製のアナモフィック光学素子を持つアナモフィックな第一光学系と、全体として副走査方向に正のパワーを持つシリンドリカル光学系からなる第二光学系とによって構成される入射光学系としてもよい。この装置は、主走査方向の温度変化による走査光学系のバックフォーカス変化を、樹脂製のアナモフィック光学素子を含めて光源と共に取り付けられている

20

【0055】また $\Delta T_{\max} (\geq 0)$ 、 $\Delta T_{\min} (\leq 0)$ は基準設計温度 T_0 に対する、動作仕様の温度範囲に対する温度変化量の上下限を表わすとする、

のため、この光走査装置の動作温度保証範囲の下限温度 $T_0 + \Delta T_{\min}$ (すなわち $\Delta T = \Delta T_{\min}$)と上限温度 $T_0 + \Delta T_{\max}$ (すなわち $\Delta T = \Delta T_{\max}$)のいずれかが(50)式を満たせば、本発明が必要となる条件となる。これを式で表すと

固定部材の温度変化の影響、温度変化で生じる光源の波長変化の影響、温度変化による樹脂製のアナモフィック光学素子を含む光学系内の屈折率変化、および光学素子の膨張、収縮による影響で補正し、副走査方向の温度変化による走査光学系のバックフォーカス変化を、これら3つの影響の他にこのアナモフィックレンズの負のパワーの影響で補正を行なう装置である。シリンドリカル光学系は正のパワーを持つ硝子製のシリンドリカルレンズを用いればよく、温度変化に対して大きな影響を及ぼさない。

【0058】もしこのアナモフィック光学素子が主走査方向に正のパワーを持つ場合、主走査方向の温度変化によるバックフォーカス変化が小さい走査光学系にしか適用できないが、第一の光学系の光学素子の数を減らせる可能性がある。もしこのアナモフィック光学素子が主走査方向に負のパワーを持つ場合、温度変化による主走査方向のバックフォーカス変化量が大きく、この変化に対して補正効果を及ぼす固定部材の温度変化による膨張、収縮だけでは補正しきれない走査光学系の追加補正分となり有用になる。もしアナモフィック光学素子が主走査方向にパワーをほとんど持たない場合、すなわち副走査方向に負のパワーを持つシリンドリカルレンズの場合、アナモフィックレンズに比べて加工しやすい。

【0059】

【実施例】ここでは本発明の入射光学系と走査光学系の実施例を示す。図1は後に述べる入射光学系の実施例と走査光学系の1例とを合わせた図である。この光学系はレーザー光源1、レーザー光源と固定部材2'に取り付けられている第一の光学系2、第二の光学系であるシリンドリカルレンズ系4からなる入射光学系と、偏向装置

21

である回転多面鏡5と樹脂製レンズ7、8からなる走査光学系である。

【0060】レーザー光源1からの光は入射光学系の第一の光学系2、入射光学系のシリンダカルレンズ系あるいは第二の光学系4を通り回転多面鏡5に入射する。このとき回転多面鏡近傍では、光束は主走査方向はほぼ平行光、副走査方向では1回集光する。その回転多面鏡5は回転の中心6が走査光学系の光軸9からずれて配設されている。この回転多面鏡5により反射された光は、走査光学系の結像レンズ7、8により被走査面10に結

$$X = \frac{C \phi^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k) C^2 \phi^2}} + \sum_i A_{pi} \phi^{pi} \quad (54)$$

$$\phi^2 = y^2 + z^2$$

$$C^* = C + A_2 \quad C^*: \text{近軸曲率}$$

で表わされる軸対称非球面である。S4面は、図8に示すように、回転多面鏡の反射面の出入りにより、各ふれ角の仮想瞳の位置が異なってくるために生じる副走査方向の像面湾曲を補正するための非対称アナモフィック面で、副走査方向断面内の曲率半径の変化が光軸からの距離hに対して非対称な面を含み、回転多面鏡に入射されるレーザー光源からの光と走査光学系の光軸とのなす角

$$r_h(\pm) = r_0 + \{1 + k(\pm) \cdot R_p \cdot \alpha / n\} \cdot R \cdot [1 - \cos \{\sin^{-1}(h/R)\}] \quad (55)$$

で表わされる。またこの走査光学系の印字幅はほぼA4サイズに対応する220mmであり、性能保証する像高は-110mmから+110mmまでとする。

【0062】この走査光学系は、以上のように非対称面を用いることにより、回転多面鏡の面の出入りの影響による像面湾曲を補正している。この時の主走査方向、及び副走査方向の像面を図9(a)に、また各方向の基準像面でのビーム径を図9(b)に示す。このときの走査光学系の被走査面付近の走査光学系の光軸上のビームウェスト径は、主走査方向については48μm、副走査については56μmと設定しており、ビーム径の高解像化にも対応可能となっている。ここで、ビーム径の定義はビームプロファイルの1/e²の強度の径を表わしている。この走査光学系の光軸上での主走査方向、副走査方向のビーム許容深度はX_{em}、X_{os}、主走査方向の光軸上のビームウェスト径ω_{0M}=0.048mm、副走査方向の光軸上のビームウェスト径ω_{0S}=0.056mmで波長λ=780nmであるため、ε=1.1として

(9)、(10)式より、

$$X_{em} = 1.0 \text{ mm}$$

$$X_{os} = 1.4 \text{ mm}$$

となり、走査光学系の軸上深度は従来に比べて小さい。またこの走査光学系の像高に対する像面湾曲の状態を表わす図9(a)をみると、像高-110mmの範囲で、主走査方向は像高に対してレンジで0.4mm、副走査方向は像高に対してレンジで1.2mm像面が変動している。そのため設計値の像面湾曲マージンは少なくとも

22

像されると共に、副走査面内においては回転多面鏡の反射面と被走査面が幾何光学的にほぼ共役関係にある。このときの走査光学系(図1において6以降)の1例を表1に示す。このときの基準設計波長は780nmである。なお、ポリゴンミラー内仮想瞳を面番号1とする。

【0061】表1の走査光学系は図7に示すように、2つの樹脂製レンズ7、8からなり、走査第一レンズ7のS2面は球面、走査第一レンズ7のS3面、走査第二レンズ8のS5面は

【数5】

をα、回転多面鏡の内接円半径をR_p、面数をn、光軸非対称面の光軸を含む主走査方向断面内における曲率半径をR、光軸を含む副走査方向断面内における曲率半径をr₀、走査光学系の光軸を中心として回転多面鏡の回転中心を含む主走査側を+側、その反対側を-側としたときに、図8に示すように+側と-側とは非対称であり、主走査方向に光軸から+、-にそれぞれhだけ離れた位置で光軸に平行な副走査断面内における曲率半径r_h(+)、r_h(-)は

主走査方向は0.2mm、副走査方向は0.6mmはある。これを含めて、像高を光軸からはなれたとき設計的に生じるビーム内の収差による深度減少、及び配置、加工マージンを考慮にいと、以前の述べたように性能を維持できる片側範囲、主走査方向δm、副走査方向δsは、光軸上のビーム許容深度の少なくとも1/2は必要であるから

$$\delta m = 0.5 \text{ mm}$$

$$\delta s = 0.7 \text{ mm}$$

となる。すなわちこの走査光学系を含めた全体系では、温度変化分のマージンはこの性能維持マージン以下におさえなければならない。

【0063】この走査光学系の基準設計温度は25度で、動作温度保証範囲は通常少なくとも10度から50度の範囲が必要となる。ここでは、この走査光学系の温度変化による影響が、下限の10度(温度変化量ΔT=-15度)に比べて上限の50度(温度変化量ΔT=+25度)で大きく、また光学系の温度変化によるバックフォーカス等の影響は単調増加、あるいは単調減少であるので、温度変化による影響の大きい上限の50度すなわちT_{max}=+25度について議論する。基準設計温度に対して25℃上がったとすると、樹脂の屈折率の変化、及び線膨張率、によって、図10(a)のような像面となる。図9(a)と比較すると主走査、副走査各像面が、全体的にほぼ同様の像面湾曲形状を保ちながら以下の様に像面位置シフトしている。

50

23

主走査 $\Delta f_{B2M} (\Delta T = +2.5^\circ\text{C}) = -1.725\text{mm}$ 副走査 $\Delta f_{B2S} (\Delta T = +2.5^\circ\text{C}) = +1.499\text{mm}$

となる。ここで $\Delta f_{B2M} (\Delta T = +2.5)$ 、 $\Delta f_{B2S} (\Delta T = +2.5)$ は $\Delta T = +2.5^\circ\text{C}$ だけ基準設計温度より上昇したときの、走査光学系だけによるバックフォーカスへの影響を表わす。またこのとき温度変化 ΔT に対する屈折率変化 Δn は

$$\Delta n / \Delta T = -1.2 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$$

またレンズ構成素材の線膨張係数 L_2 は

$$L_2 = 7 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$$

温度変化 ΔT に対する光源の波長変化 $\Delta \lambda$ は

$$\Delta \lambda / \Delta T = 0.2\text{nm} / ^\circ\text{C}$$

として算出を行なった。このため、基準設計温度で波長が780nmである光源は、基準設計温度より2.5度上昇すると785nmの波長の光を発することになる。上記のように $\varepsilon = 1.1$ （許容ビーム径主走査52.8 μm 、副走査61.6 μm ）とした場合、主走査方向約1mm、副走査方向約1.4mmの片側深度しかなく、この像面湾曲のシフト量では主走査方向、副走査方向共に許容ビーム径より大きくなる。実際に図10(b)は基準設計温度より2.5 $^\circ\text{C}$ 上昇したときの基準像面でのビーム径を表わす。この図を見るとかなりビーム径が変化しており、このままでは使用不可能である。このように、この高解像対応の走査光学系においては以下の実施例で示す入射光学系で補正しなければならない。

【0064】ここで主走査方向、副走査方向について、各々の方向のビームウエスト径を48 μm 、56 μm とするために、入射光学系、走査光学系の仕様は表2のようになる。入射光学系は図1において光源1から回転多面鏡5の近傍までの範囲を表わし、光源1からでた光は主走査方向では光学系2から4でほぼ平行光となり、副走査方向では光学系2から4で回転多面鏡近傍で結像する。上記走査光学系の仕様から、走査光学系の光軸上の主走査方向のビームウエスト径は $\omega_0 M = 48\mu\text{m}$ であり、副走査方向のビームウエスト径は $\omega_0 S = 56\mu\text{m}$ であるため、上述の動作温度保証範囲の上限の基準設計温度との差 $\Delta T_{\text{max}} = +2.5^\circ\text{C}$ を(52)式に代入すると、 $(0.18/\lambda) \cdot [(\omega_0 M^2/Mm^2) + (\omega_0 S^2/Ms^2)] = 7.48 \times 10^{-3}(\text{mm}) \leq [\Delta f_{B2M}(\Delta T)/Mm^2 - \Delta f_{B2S}(\Delta T)/Ms^2] = 1.02 \times 10^{-2}(\text{mm})$ となり、(52)式を満足する。この結果、この走査光学系は公知の手段で温度補正することは不可能であることがわかり、本発明による入射光学系を用いなければならない。

【0065】上記表2に記載されている仕様で表1の走査光学系に適合した入射光学系の本発明の実施例を以下に示す。

実施例1

$$\Delta f_{B1M\lambda} (\Delta T = +2.5^\circ\text{C}) = 1.863 \times 10^{-3}\text{mm}$$

【0068】入射光学系の副走査方向において、温度が50-2.5度上昇したときの光学素材内の屈折率、膨張収縮に

24

表3(a)(b)に示される実施例は、入射光学系が光源と固定部材により相互に固定されている光学面が光軸に対して回転対称であるコリメータと、副走査方向に負のパワーをもつ樹脂製の光学素子を持ち、全体として副走査方向に正のパワーを持つアナモフィック光学系からなり、主走査方向と副走査方向の温度変化に対する走査光学系のバックフォーカス変化を補正する手段を形成している例である。表中の記号は

Ri : 光源側から第i番目の頂点曲率半径

di : 光源側から第i番目のレンズ面間隔

ni : 光源側から第i番目のレンズ素材の波長780nmでの屈折率

ni' : 光源側から第i番目のレンズ素材の波長785nmでの屈折率とする

【0066】ここで表3(a)は主走査方向のデータ、表3(b)は副走査方向のデータを示す。またこの光学系の断面図を、主走査方向は図11(a)、副走査方向は図11(b)に示す。コリメータは、表3(a)、(b)において第1面から第6面までの光学系からなり、このコリメータ鏡枠は固定部材により光源と相互に固定されている。この固定部材の材質はアルミニウムを用いている。このとき、コリメータ鏡枠の材質は、上記固定部材の材質に比べて温度変化に対する線膨張係数が小さいものを使用している。アナモフィック光学系は第7面から第10面からなり、このうち第9面、第10面は樹脂製のシリンダカルレンズである。またコリメータの焦点距離は $f_{COL} = 8.707\text{mm}$ で、アナモフィック光学系の副走査方向の焦点距離 $f_{CY} = 93.129\text{mm}$ であり、これに伴い第一の光学系における副走査方向の倍率は $M_{IS} = 10.70$ 倍となる。

【0067】この入射光学系と上記走査光学系を組み合わせ、温度 $\Delta T = +2.5^\circ\text{C}$ 変化したときの全体光学系のバックフォーカス変化量を算出する。入射光学系の主走査方向において、温度が2.5度上昇したときの光学素材の屈折率変化、膨張収縮による、入射光学系に対して光源と反対方向から平行光を入射したときの光源付近でのバックフォーカスの変化量 $\Delta f_{B1M\lambda} (\Delta T = +2.5^\circ\text{C})$ は

$$\Delta f_{B1M\lambda} (\Delta T = +2.5^\circ\text{C}) = 1.56 \times 10^{-4}\text{mm}$$

入射光学系の主走査方向において、温度が2.5度上昇したときの光源の波長変化による、入射光学系に対して光源と反対方向から平行光を入射したときの光源付近でのバックフォーカスの変化量 $\Delta f_{B1M\lambda} (\Delta T = +2.5^\circ\text{C})$ は

25

よるバックフォーカスの変化量 Δf_{B1SN} ($\Delta T = +25$ 度)は

$$\Delta f_{B1SN} (\Delta T = +25 \text{度}) = -0.929 \text{ mm}$$

入射光学系の副走査方向において、温度が25度上昇したときの光源の波長変化によるバックフォーカス変化量

$$\Delta f_{B1S\lambda} (\Delta T = +25 \text{度}) \text{ は}$$

$$\Delta f_{B1S\lambda} (\Delta T = +25 \text{度}) = +0.233 \text{ mm}$$

となる、

【0069】光源と入射光学系の一部を相互に固定している固定部材の影響を求めるために、温度変化 $\Delta T = +25$ 度変化したときの、入射光学系から見た光源の移動量 ΔS をもとめるため(17)式を用いると

$$\Delta S = -L \cdot l_x \cdot \Delta T$$

レンズNo.	面No.	$\Delta n / \Delta T$ ($^{\circ}\text{C}$)	$L n$ ($^{\circ}\text{C}$)
1	1、2	2.8×10^{-6}	7.4×10^{-7}
2	3、4	6.6×10^{-6}	5.9×10^{-7}
3	5、6	3.0×10^{-6}	6.2×10^{-7}
4	7、8	2.8×10^{-6}	7.4×10^{-7}
5	9、10	-1.2×10^{-5}	6×10^{-5}

但し、このときレンズ面間隔については、(32)式で述べたようにバックフォーカスへの影響が微少なため、線膨張をかけないで計算をおこなっている。また温度に対する光源の波長変化量 $\Delta \lambda / \Delta T$ は

$$\text{光学系全体の主走査横倍率絶対値 } Mm = f_{2M} / f_{1M} = 22.970 \text{ 倍} \\ (Mm^2 = 527.6 \text{ 倍})$$

$$\text{走査光学系の副走査横倍率絶対値 } M2s = 0.988 \text{ 倍}$$

$$\text{光学系全体の副走査横倍率絶対値 } Ms = M1s \cdot M2s = 10.568 \text{ 倍} \\ (Ms^2 = 111.7 \text{ 倍})$$

であり、温度が $\Delta T = +25$ 度変化したときの走査光学系のバックフォーカス変化量は

$$\text{主走査方向 } \Delta f_{B1M} (\Delta T = 25 \text{度}) = 1.725 \text{ mm}$$

$$\text{副走査方向 } \Delta f_{B1S} (\Delta T = 25 \text{度}) = 1.499 \text{ mm}$$

であるから、これらを(35)式、(36)式に代入す

$$\begin{aligned} \Delta f_{Bm} (\Delta T) \\ = Mm^2 \cdot \{-L \cdot l_x \cdot \Delta T + \Delta f_{B1M\lambda} (\Delta T) + \Delta f_{B1MN} (\Delta T)\} + \Delta f_{B2M} (\Delta T) \\ = 527.6 \cdot \{-5.01 \times 10^{-3} + 1.863 \times 10^{-3} + 1.56 \times 10^{-4}\} + 1.725 \text{ mm} \\ = 0.147 \text{ mm} \end{aligned}$$

副走査方向

$$\begin{aligned} \Delta f_{Bs} (\Delta T) \\ = -Ms^2 \cdot L \cdot l_x \cdot \Delta T \\ + Ms^2 \cdot \{\Delta f_{B1S\lambda} (\Delta T) + \Delta f_{B1SN} (\Delta T)\} + \Delta f_{B2S} (\Delta T) \\ = -111.7 \cdot 5.01 \times 10^{-3} + (0.988)^2 \cdot (0.233 - 0.929) + 1.499 \\ = 0.260 \text{ mm} \end{aligned}$$

【0072】この光学系全体でのバックフォーカス変化は、性能を維持できる範囲にはいなければならない。このため(3)式、(4)式を満たさなければならない

$$|\Delta f_{Bm} (\Delta T = +25 \text{度})| = 0.147 \text{ mm} \leq 0.5 \text{ mm}$$

$$|\Delta f_{Bs} (\Delta T = +25 \text{度})| = 0.260 \text{ mm} \leq 0.7 \text{ mm}$$

となり、(3)式、(4)式を満足する。これにより、この実施例は温度変化による走査光学系のバックフォー

26

となる。ここで固定部材の線膨張係数はアルミニウムの線膨張係数から

$$L = 23 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$$

となる。 l_x は前述の通り入射光学系の主走査方向の焦点距離 $f_{1M} = 8.707 \text{ mm}$ とおく。この結果、上式 ΔS は

$$\Delta S = -5.01 \times 10^{-3} \text{ (mm)}$$

となる。

【0070】尚、入射光学系内の各レンズの温度による屈折率変化量 $\Delta n / \Delta T$ 及び線膨張係数 $L n$ については、以下の数値を用いて各バックフォーカス変化量を計算している。

レンズNo.	面No.	$\Delta n / \Delta T$ ($^{\circ}\text{C}$)	$L n$ ($^{\circ}\text{C}$)
1	1、2	2.8×10^{-6}	7.4×10^{-7}
2	3、4	6.6×10^{-6}	5.9×10^{-7}
3	5、6	3.0×10^{-6}	6.2×10^{-7}
4	7、8	2.8×10^{-6}	7.4×10^{-7}
5	9、10	-1.2×10^{-5}	6×10^{-5}

$$\Delta \lambda / \Delta T = 0.2 \text{ nm} / ^{\circ}\text{C}$$

としている。このため、 $\Delta \lambda (\Delta T = 25^{\circ}\text{C}) = 5 \text{ nm}$ となり、 $\lambda (\Delta T = 25^{\circ}\text{C}) = 785 \text{ nm}$ となる。

【0071】また

と、走査光学系、入射光学系をあわせた光学系全体で、温度が25度上昇したときのバックフォーカス変化量の値、主走査方向 f_{Bm} ($\Delta T = +25$ 度)、副走査方向 f_{Bs} ($\Delta T = +25$ 度)は以下の様になる。

主走査方向

い、この走査光学系の性能を維持できる範囲は主走査方向 $\delta m = 0.5 \text{ mm}$ 、副走査方向 $\delta s = 0.7 \text{ mm}$ であるから

$$|\Delta f_{Bm} (\Delta T = +25 \text{度})| = 0.147 \text{ mm} \leq 0.5 \text{ mm}$$

$$|\Delta f_{Bs} (\Delta T = +25 \text{度})| = 0.260 \text{ mm} \leq 0.7 \text{ mm}$$

カス変化を主走査方向、副走査方向の各方向について入射光学系で十分補正できていることがわかる。

27

【0073】(実施例2)表4(a)(b)に示す実施例は、入射光学系が光源と固定部材により相互に固定され、主走査方向で発散光源からの光をほぼ平行光にする作用を有し、副走査方向については負のパワーを持つアナモフィックレンズを持つアナモフィックな第一の光学系と、全体として副走査方向に正のパワーを持つアナモフィック光学系からなる第二の光学系からなり、主走査方向と副走査方向の温度変化に対する走査光学系の温度変化によるバックフォーカス変化を補正する手段を構成する実施例である。ここでは上記アナモフィックレンズとして、加工が容易なシリンドリカルレンズを採用している。表4(a)は主走査方向のデータ、表4(b)は副走査方向のデータを表わす。またこの実施例の光学系の断面図を、主走査方向は図13(a)、副走査方向は図13(b)に示す。主走査方向においては、表1の第1面から第8面までの光学系は、光源からでた光をほぼ平行光にする作用をもち、副走査方向においては、入射光学系全体で、光源から出射した光を回転多面鏡周辺に結像する作用を持つ。そのうち第3面から第4面は主走

$$\Delta f_{B1M} (\Delta T = +2.5^\circ\text{C}) = -7.75 \times 10^{-4} \text{ mm}$$

$$\Delta f_{B1S} (\Delta T = +2.5^\circ\text{C}) = 2.149 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

副走査方向

$$\Delta f_{B1SN} (\Delta T = +2.5^\circ\text{C}) = -1.042 \text{ mm}$$

$$\Delta f_{B1S} (\Delta T = +2.5^\circ\text{C}) = 0.303 \text{ mm}$$

となる。また固定部材の温度変化による線膨張係数は、 $L = 2.3 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 、固定部材への光源の取り付け部から、固定部材への入射光学系の取り付け部までの間隔 $1x$ を、実施例1と同じく入射光学系の主走査方向の焦点距離とすると、 $1x = 8.707 \text{ mm}$ となる。この結

レンズNo.	面No.	$\Delta n / \Delta T (^\circ\text{C})$	$L n (^\circ\text{C})$
1	1, 2	2.8×10^{-6}	7.4×10^{-7}
2	3, 4	-1.2×10^{-5}	6×10^{-7}
3	5, 6	5.3×10^{-6}	8.6×10^{-7}
4	7, 8	3.0×10^{-6}	6.2×10^{-7}
5	9, 10	2.8×10^{-6}	7.4×10^{-7}

但し、このときレンズ面間隔については、バックフォーカスへの影響が微小なため線膨張をかけないで計算をおこなっている。また温度に対する光源の波長変化量 $\Delta \lambda / \Delta T$ は

査方向ではパワーがほぼ0で、副走査方向においては負のパワーを持つ樹脂製のシリンドリカルレンズであり、第9面から第10面は主走査方向のパワーはほぼ0で、副走査方向においては正のパワーを持つシリンドリカルレンズである。

【0074】この入射光学系の全光学素子について、その鏡枠が固定部材により光源と相互に固定されている。固定部材の材質にはアルミニウムを用いている。このとき上記鏡枠の材質の温度変化による線膨張係数は、上記固定部材の材質の線膨張係数より小さい材料からなっている。また主走査方向の焦点距離 $f_{COL} = 8.707 \text{ mm}$ で、入射光学系における副走査方向の倍率は $M_{1S} = 10.70$ 倍となる。

【0075】この入射光学系と上記走査光学系を組み合わせ、温度が $+2.5$ 度上昇したときの光学系全体のバックフォーカス変化を算出する。実施例1の算出方法をもちいて、

主走査方向

果、入射光学系から見た時の温度変化 ΔT を $+2.5$ 度としたときの光源の移動量 ΔS は

$$\Delta S = -5.01 \times 10^{-3} (\text{mm})$$

となる。

【0076】尚、入射光学系内の各レンズの温度による屈折率変化量 $\Delta n / \Delta T$ 及び線膨張係数 $L n$ について以下の数値を用いて、各バックフォーカス変化量を計算している。

$$\Delta \lambda / \Delta T = 0.2 \text{ nm} / ^\circ\text{C}$$

としている。このため、 $\Delta T = 2.5^\circ\text{C}$ では $\Delta \lambda = 5 \text{ nm}$ となる。

【0077】また

$$\begin{aligned} \text{光学系全体の走査横倍率絶対値 } M_m &= f_{2M} / f_{1M} = 22.970 \text{ 倍} \\ (M_m^2 &= 527.6 \text{ 倍}) \end{aligned}$$

$$\text{走査光学系の副走査横倍率絶対値 } M_{2S} = 0.988 \text{ 倍}$$

$$\begin{aligned} \text{光学系全体の副走査横倍率絶対値 } M_{1S} &= M_{1S} \cdot M_{2S} = 10.568 \text{ 倍} \\ (M_{1S}^2 &= 111.7 \text{ 倍}) \end{aligned}$$

であり、温度が $\Delta T = +2.5$ 度変化したときの走査光学系のバックフォーカス変化量は

$$\text{主走査方向 } \Delta f_{BM} (\Delta T = 2.5^\circ\text{C}) = 1.725 \text{ mm}$$

$$\text{副走査方向 } \Delta f_{BS} (\Delta T = 2.5^\circ\text{C}) = 1.499 \text{ mm}$$

であるから、これらを(35)式、(36)式に代入す

$$\Delta f_{Bm} (\Delta T)$$

ると、走査光学系、入射光学系をあわせた光学系全体で、温度が 2.5 度上昇したときのバックフォーカス変化量の値、主走査方向 $f_{Bm} (\Delta T = +2.5^\circ\text{C})$ 、副走査方向 $f_{Bs} (\Delta T = +2.5^\circ\text{C})$ は以下の値になる。

主走査方向

$$\begin{aligned}
&= \lambda l m^2 \cdot \{-L \cdot l x \cdot \Delta T + \Delta f_{B1M}(\Delta T) + \Delta f_{B1N}(\Delta T)\} + \Delta f_{B2M}(\Delta T) \\
&= 527.6 \cdot (-5.01 \times 10^{-3} + 2.149 \times 10^{-3} - 7.75 \times 10^{-4}) + 1.725 \text{ mm} \\
&= -0.193 \text{ mm}
\end{aligned}$$

副走査方向

$$\begin{aligned}
&\Delta f_{Bs}(\Delta T) \\
&= -M_2 s^2 \cdot L \cdot l x \cdot \Delta T \\
&\quad + M_2 s^2 \cdot \{\Delta f_{B1S}(\Delta T) + \Delta f_{B1N}(\Delta T)\} + \Delta f_{B2S}(\Delta T) \\
&= -111.7 \cdot 5.01 \times 10^{-3} + (0.988)^2 \cdot (0.303 - 1.042) + 1.499 \\
&= 0.218 \text{ mm}
\end{aligned}$$

【0078】この光学系全体でのバックフォーカス変化 10 の走査光学系の性能を維持できる範囲は主走査方向 δm は性能を維持できる範囲にはいなければならない。こ $\delta m = 0.5 \text{ mm}$ 、副走査方向 $\delta s = 0.7 \text{ mm}$ であるから

$$\begin{aligned}
&\|\Delta f_{Bm}(\Delta T = +2.5 \text{ 度}) = -0.193 \text{ mm}\| \leq 0.5 \text{ mm} \\
&\|\Delta f_{Bs}(\Delta T = +2.5 \text{ 度}) = 0.218 \text{ mm}\| \leq 0.7 \text{ mm}
\end{aligned}$$

となり、この実施例も温度変化による走査光学系のバック

クフォーカス変化を、主走査方向、副走査方向の各方向
について入射光学系で十分補正できていることがわか

【0079】

【表1】

走査光学系の例

面番号	R (mm)	r_0 (mm)	d (mm)	n (780nm)	n' (785nm)
1	∞		29.0		
2	-67.865		6.5	1.51922	1.51913
3	-40.774		92.0		
4	-290.000	32.380	3.0	1.51922	1.51913
5	-606.715		103.5		

非球面係数

第3面

$$\begin{aligned}
&k = -0.36231 \\
&A_4 = -0.41334 \times 10^{-7} \quad P1 = 4 \\
&A_6 = -0.30407 \times 10^{-9} \quad P2 = 6 \\
&A_8 = -0.87238 \times 10^{-14} \quad P3 = 8 \\
&A_{10} = +0.49223 \times 10^{-19} \quad P4 = 10
\end{aligned}$$

第5面

$$\begin{aligned}
&k = -0.13137 \\
&A_4 = -0.21906 \times 10^{-6} \quad P1 = 4 \\
&A_6 = +0.15502 \times 10^{-10} \quad P2 = 6 \\
&A_8 = -0.14610 \times 10^{-14} \quad P3 = 8 \\
&A_{10} = +0.55053 \times 10^{-19} \quad P4 = 10
\end{aligned}$$

入射光線角度 $\alpha = 1.5708 \text{ (rad)}$ 回転多面鏡内接円半径 $R_p = 17.3205 \text{ (mm)}$ 回転多面鏡面数 $n = 6$ 走査光学系主走査方向焦点距離 $f_{2M} = 200 \text{ mm}$ 副走査方向の横倍率 $M_{2S} = -0.988$ 非対称面形状 $k(-) = -1.125$ $k(+)$ $= -1.020$ 使用波長 $\lambda = 780 \text{ nm}$

【表2】

【0080】

入射光学系、走査光学系の仕様

(走査光学系)

主走査方向焦点距離	$f_{2M} = 200 \text{ mm}$
副走査方向横倍率の絶対値	$M_{2S} = 0.988 \text{ 倍}$
印字幅	像高 $\pm 110 \text{ mm}$ から 像高 $\pm 110 \text{ mm}$

31

32

温度 $\Delta T = \pm 2.5$ 度変化したときの走査光学系のバックフォーカス変化主走査方向 $\Delta f_{BM} (\Delta T = 2.5 \text{度}) = 1.725 \text{mm}$ 副走査方向 $\Delta f_{BS} (\Delta T = 2.5 \text{度}) = 1.499 \text{mm}$

入射光学系

主走査方向の焦点距離 $f_{BM} = 8.707 \text{mm}$ (NA0.30)副走査方向横倍率の絶対値 $M_{BS} = 10.70 \text{倍}$

光学系全体

主走査横倍率絶対値 $M_m = f_{BM} / f_{FM} = 22.970 \text{倍}$ ($M_m^2 = 527.6 \text{倍}$)副走査横倍率絶対値 $M_s = M_{BS} \cdot M_{BS} = 10.568 \text{倍}$ ($M_s^2 = 111.7 \text{倍}$)

【0081】

10 【表3】実施例1

(a) 主走査方向

レンズ面No.	Ri	di	ni	ni'
1	∞	6.00	1.51072	1.51062
2	∞	1.00		
3	-17.349	1.50	1.79323	1.79301
4	-6.801	0.20		
5	∞	1.50	1.76203	1.76185
6	-18.509	3.00		
7	∞	1.50	1.51072	1.51062
8	∞	1.00		
9	∞	1.50	1.48595	1.48585
10	∞			

(b) 副走査方向

レンズ面No.	Ri	di	ni	ni'
1	∞	6.00	1.51072	1.51062
2	∞	1.00		
3	-17.349	1.50	1.79323	1.79301
4	-6.801	0.20		
5	∞	1.50	1.76203	1.76185
6	-18.509	3.00		
7	19.320	1.50	1.51072	1.51062
8	∞	1.00		
9	∞	1.50	1.48595	1.48585
10	28.501			

【0082】

【表4】実施例2

(a) 主走査方向

レンズ面No.	Ri	di	ni	ni'
1	∞	4.00	1.51072	1.51062
2	∞	1.00		
3	∞	1.00	1.48595	1.48585
4	∞	1.00		
5	-12.007	1.50	1.67496	1.67473
6	5.954	0.20		
7	∞	1.50	1.76203	1.76185
8	14.424	4.00		
9	∞	1.50	1.51072	1.51062
10	∞			

(b) 副走査方向

レンズ面No.	Ri	di	ni	ni'
1	∞	4.00	1.51072	1.51062

33					34
2	∞	1.00			
3	-13.000	1.00	1.48595	1.48585	
4	∞	1.00			
5	-12.007	1.50	1.67496	1.67473	
6	-5.954	0.20			
7	∞	1.50	1.76203	1.76185	
8	-14.424	4.00			
9	23.554	1.50	1.51072	1.51062	
10	∞				

【0083】

【発明の効果】本発明の光走査装置は、各実施例から明らかなように、入射光学系と光源とを固定し、その固定部材の熱膨張と、入射光学系及び走査光学系中のアナモフィック光学系を総合的に考慮することにより、簡単な構成で、仕様限界の温度変化に対しても、被走査面近傍での焦点移動を所定の範囲に収めることができ、プラスチックレンズを用いた光学系によって、環境温度の変化にかかわらず従来に見ない高解像度を維持できる走査光学系を実現できたものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光走査装置の全体構成を示す光学配置図である。

【図2】温度変化によるコリメータのバックフォーカスの変化の許容範囲の説明図である。

【図3】ガウシアンビームのビームウエスト付近の形状の説明図である。

【図4】ビームウエストと片側許容深度との関係を示すグラフである。

【図5】光源と入射光学系が固定部材で相互に固定されている構造の1例を示す断面図である。

【図6】温度変化によるコリメータのバックフォーカス

10 の変化の許容範囲の設定法の説明図である。

【図7】本発明の走査装置における走査光学系の1例を示す断面図である。

【図8】上記図7に示す走査光学系に用いられるアナモフィック面の形状の説明図である。

【図9】上記図7に示す走査光学系の(a)は像面、(b)はビーム径を示す線図である。

【図10】温度変化を生じた場合の走査光学系の(a)は像面、(b)はビーム径を示す線図である。

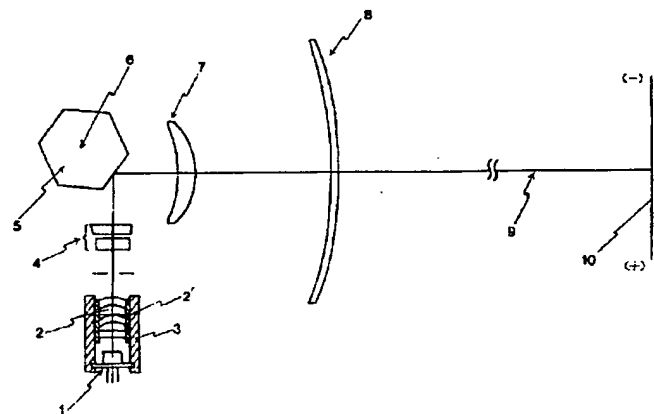
【図11】本発明の入射光学系の実施例1の(a)は主走査方向、(b)は副走査方向の断面図である。

【図12】本発明の入射光学系の実施例2の(a)は主走査方向、(b)は副走査方向の断面図である。

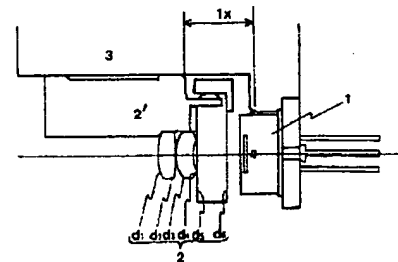
【符号の説明】

- 1 光源
- 2 入射光学系中の第1の光学系
- 2' 鏡棒
- 3 固定部材
- 4 第2の光学系
- 5 回転多面鏡
- 6 回転中心
- 7, 8 結像レンズ
- 9 光軸
- 10 被走査面

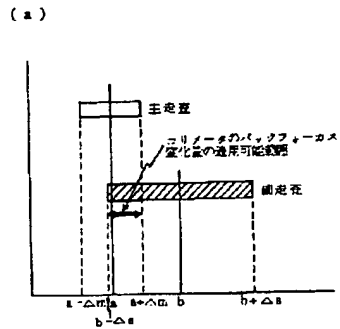
【図1】



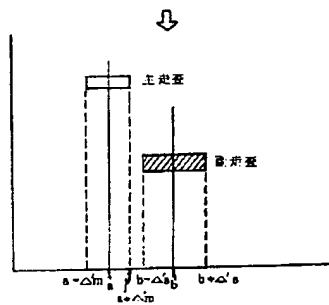
【図5】



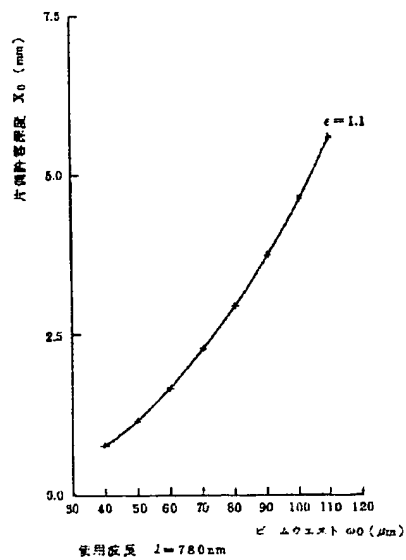
【図2】



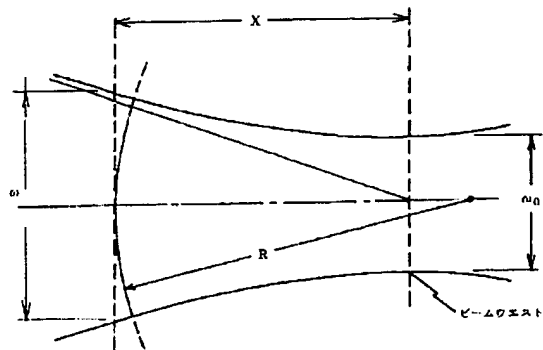
(b)



【図4】

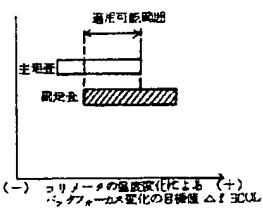


【図3】

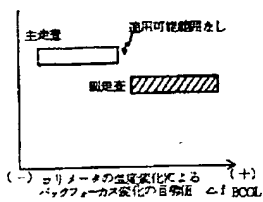


【図6】

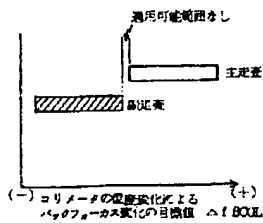
(a)



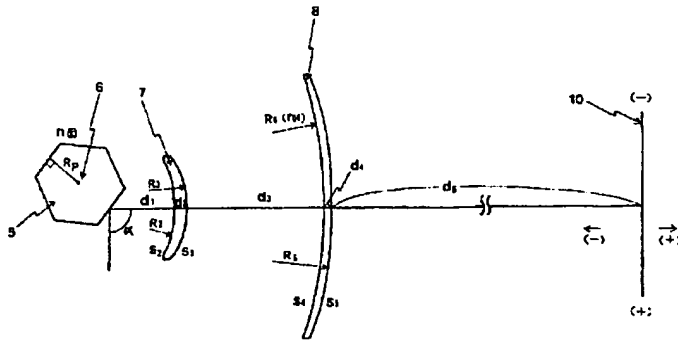
(b-1)



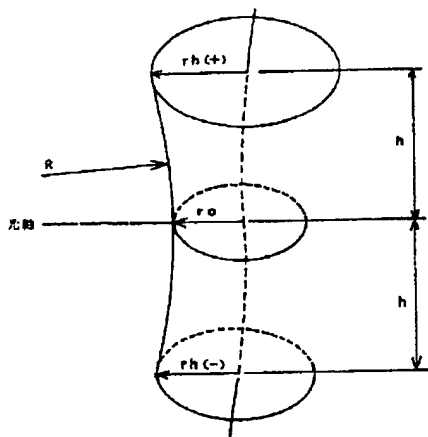
(b-2)



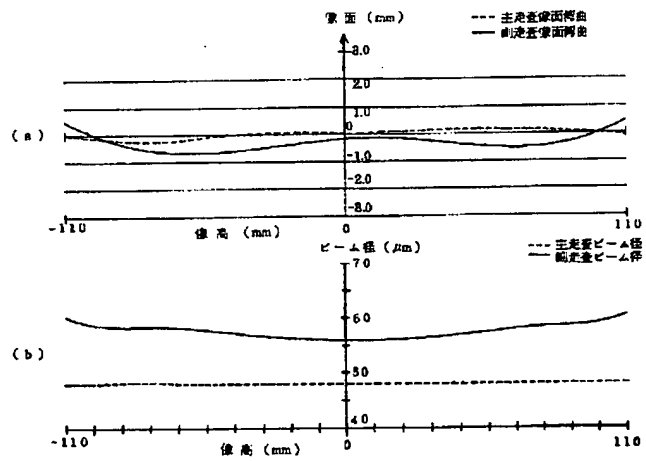
【図7】



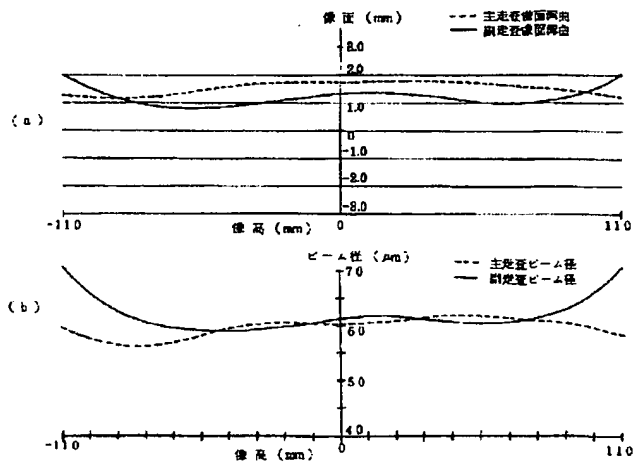
【図8】



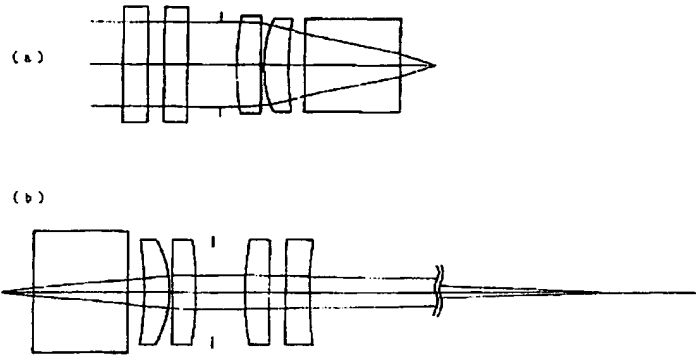
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

